Über das Auge und die Statocyste von 5 ägyptischen Landpulmonaten

Von Mohamed Elwi Abd-el-Hamid

Zoology Department, Faculty of Science, University of Alexandria

Mit 2 Figuren und 6 Tabellen

(vorgelegt in der Sitzung am 6. Februar 1964)

Schon lange werden diese beiden Sinnesorgane morphologisch, histologisch oder im Zusammenhang mit ihrer Innervation untersucht, doch unterblieb bisher der Versuch, eine Wechselbeziehung zwischen ihnen herauszufinden. Leydig (1871) vermutete wohl einen Zusammenhang, denn er schrieb: „Es läßt sich auch noch bemerken, daß das Ohr mit dem Sehorgan eine andere Gemeinschaft theilt.“ Zwischen Auge und Statocyste als auch zwischen beiden zusammen und dem Körpervolumen stellte der Verfasser (1958, 1959) eine Beziehung fest, wobei er eine bestimmte Konstante angab, die für jede der 12 von ihm untersuchten Landschnecken aus Österreich kennzeichnend ist.

In dieser Arbeit werden 5 verschiedene Landschnecken von folgenden Fundorten aus Ägypten untersucht:

1. *Eremina hasselquisti*, eine Wüstenschnecke, 25 km westlich von Alexandrien, Richtung El-Allameen.
2. *Euparypha pisana*, in Gärten und auf Feldern in der Umgebung von Alexandrien.
3. *Macularia vermiculata*, in Gärten von Alexandrien.
4. *Gonostoma lenticula*, Umgebung von Alexandrien sowie 16 km von Alexandrien entfernt an der Straße nach Kairo.
5. *Stenogyra decollata*, in der Nähe des Botanischen Institutes von Burg-el-Arab.

An dieser Stelle sei Herrn Prof. Dr. W. Kühnelt, Vorstand des II. Zoologischen Instituts der Universität Wien, für die Determination der Schnecken bestens gedankt.

Nach Messung der Länge, Breite und Volumina der Tiere wurden sie nach der Methode des Verfassers (siehe 1959) getötet

und fixiert. Zur Gewinnung wirklich vergleichbarer Ergebnisse wurden Serienschnitte (Dicke 3—4 Mikron) von verschiedenen Entwicklungsstadien untersucht, insgesamt 30 Objekte von 5 verschiedenen Schneckenarten. Der Durchmesser der Augen und der Statocysten wurde gemessen und dann das Volumen errechnet, das mit dem des ganzen Körpers verglichen wurde.

Das Wachstum der Volumina beider Sinnesorgane verläuft innerhalb der untersuchten Arten proportional dem Wachstum des Körpers, jedoch ist die Größe des Wachstums nicht bei jeder Schneckenart gleich (siehe Fig. 1). Das Volumen des Auges ist bei verschiedenen Schneckenarten verschieden. Bei den 4 Vertretern aus der Familie der Heliciden kann leicht eine Korrelation herausgefunden werden: Je größer das Tier, desto größer ist sein Auge bzw. seine Statocyste:

	Körpervolumen mm^3	Volumen des Auges mm^3	Volumen der Statocyste mm^3
Eremina hasselquisti .	2406,2	0,00389	0,00257
Euparypha pisana	1020,6	0,00380	0,00172
Macularia vermiculata	428,8	0,00286	0,00206
Gonostoma lenticula	131,2	0,00160	0,00100

Die Anzahl der Retinazellen erhöht sich während der Entwicklung des Tieres und scheint durch Hinzufügung von neuen Retinazellen und nicht durch Zellteilung von bereits vorhandenen Retinazellen zu erfolgen, da in keinem der Entwicklungsstadien Teilungen schon fertiger Retinazellen gesehen worden sind. Das Wachstum der Retina wird durch eine Volumszunahme der Zellen selbst beendet (vgl. Tabelle 1—5), was zu einer Vergrößerung der inneren Oberfläche der Retina führt.

Tabelle 1: *Eremina hasselquisti*

Volumen des Tieres in mm^3	38,4	98,6	2406,2
Volumen des Kernes der Retinazellen in μ^3	164,57	279,73	279,73
Volumen des Kernes der Linsenzellen in μ^3	82,88	82,88	82,88
Zahl der Retinazellen	32	39	56
Zahl der Linsenzellen	14	14	14
Durchmesser des Auges in Mikron	113,20	155,6	195,20
Volumen des Auges in mm^3	0,00076	0,00201	0,00389
Durchmesser der Statocyste in Mikron	114,2	145,8	170,10
Volumen der Statocyste in mm^3	0,00078	0,00160	0.00257

BEZIEHUNG ZWISCHEN DER GRÖSSE DES AUGES U. DER STATOCYSTE, ZUR KÖRPERGRÖSSE DES TIERES

E.A Auge bei *Eremina hasselquisti*
E.St Statocyste
Eu.A Auge *Euparypha pisana*
Eu.St: Statocyste
M.A: Auge *Macularia vermiculata*
M.St: Statocyste
St.A: Auge *Stenogyra decollata*
St.St: Statocyste

Volumen des Tieres in mm^3 1 mm = 10 mm^3

Volumen des Auges oder Statocyste in μ^3 1 mm = 0,0001 μ^3

25 20 15 10 5 0

0 5 10 15 20 25 30 35 40

E.St. E.A St.St. St.A. Eu.St Eu.A. M.St. M.A.

Fig. 1

Tabelle 2: *Euparypha pisana*

Volumen des Tieres in mm³	39,9	64,2	690,2	810,0	1020,6
Volumen des Kernes der Retinazellen in μ^3	164,57	214,92	250,05	221,445	203,30
Volumen des Kernes der Linsenzellen	42,144	42,144	42,144	42,144	42,144
Zahl der Retinazellen	28	45	58	63	72
Zahl der Linsenzellen	21	21	21	21	21
Durchmesser des Auges in Mikron	129,60	162,00	182,25	189,00	194,40
Volumen des Auges in mm³	0,00112	0,00220	0,00317	0,00351	0,00380
Durchmesser der Statocyste in Mikron	105,3	125,00	139,3	143,10	148,5
Volumen der Statocyste in mm³	0,00061	0,00095	0,00140	0,00152	0,00172

Tabelle 3: *Macularia vermiculata*

Volumen des Tieres in mm³	60,2	75,8	103,6	128,2	180,8	302,4	428,8
Volumen des Kernes der Retinazellen	123,72	164,57	318,82	318,82	318,82	318,82	318,82
Volumen des Kernes der Linsenzellen	42,144	42,144	42,144	42,144	42,144	42,144	42,1444
Zahl der Retinazellen	36	38	40	46	48	59	63
Zahl der Linsenzellen	8	8	8	8	8	8	8
Durchmesser des Auges in Mikron .	111,3	117,4	143,1	145,8	148,5	162,00	175,50
Volumen des Auges in mm³	0,00071	0,00083	0,00152	0,00160	0,00173	0,00220	0,00286
Durchmesser der Statocyste in Mikron	124,2	126,9	132,3	135,0	143,10	154,7	158,01
Volumen der Statocyste in mm³	0,00100	0,00109	0,00119	0,00129	0,00152	0,00194	0,00206

Tabelle 4: *Gonostoma lenticula*

Volumen des Tieres in mm³	20,0	31,8	45,3	80,2	131,2
Volumen des Kernes der Retinazellen	82,88	82,88	82,88	82,88	82,88
Volumen des Kernes der Linsenzellen	42,144	42,144	42,144	42,144	42,1444
Zahl der Retinazellen	22	24	—	30	36
Zahl der Linsenzellen	6	6	6	6	6
Durchmesser des Auges in Mikron	57,7	78,3	95,85	124,25	145,8
Volumen des Auges in mm³	0,00010	0,00025	0,00046	0,00100	0,00160
Durchmesser der Statocyste in Mikron	75,6	95,85	105,3	114,75	124,2
Volumen der Statocyste in mm³	0,00023	0,00040	0,00061	0,00080	0,00100

Tabelle 5: *Stenogyra decollata*

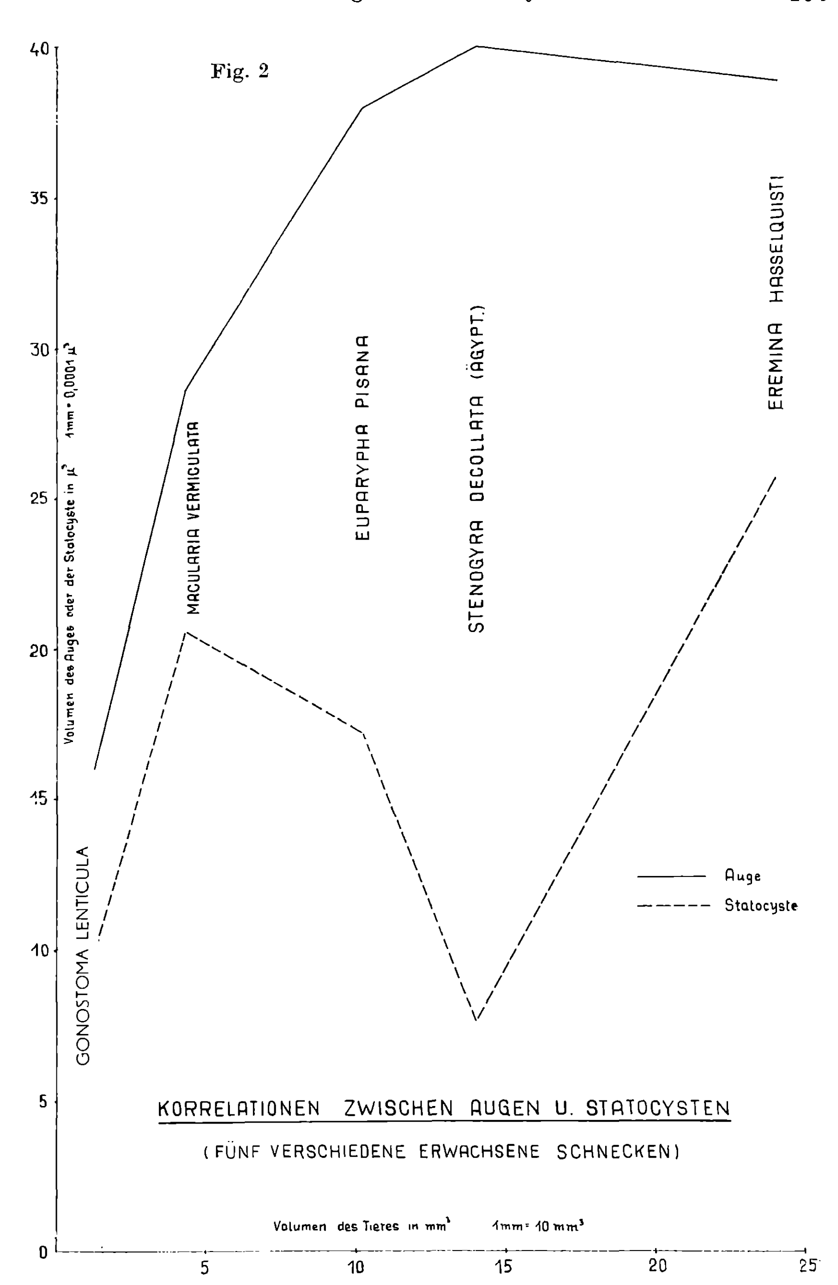
Volumen des Tieres in mm³	28,1	36,8	61,2	131,0	236,2	383,1	1001,2	1402,00
Volumen des Kernes der Retinazellen	33,44	65,312	65,312	65,312	91,759	91,759	112,86	199,99
Volumen des Kernes der Linsenzellen	33,44	33,44	33,44	33,44	33,44	33,44	33,44	33,44
Zahl der Retinazellen	28	32	34	38	43	50	56	61
Zahl der Linsenzellen	8	8	8	8	8	8	8	8
Durchmesser des Auges in Mikron	89	92	100	122	148	163	182	194,4
Volumen des Auges in mm³	0,00037	0,00041	0,00052	0,00948	0,00169	0,00226	0,00315	0,00380
Durchmesser der Statocyste in Mikron	72	76	77,30	93,70	109,70	116,50	129,15	134,10
Volumen der Statocyste in mm³	0,000195	0,00023	0,00024	0,00043	0,00069	0,00083	0,00112	0,00126

Die Linsenzellen hingegen bleiben sowohl an Anzahl wie auch an Größe von Anfang an gleich, jede Art hat eine bestimmte Anzahl von Linsenzellen. 8 Linsenzellen besitzen *Macularia vermiculata*, *Goniodiscus rotundatus* (aus Österreich) und *Stenogyra decollata*, wobei auch Individuen aus Sizilien berücksichtigt wurden. *Gonostoma lenticula* besitzt 6 Linsenzellen wie *Cylindrus obtusus*, *Pyramidula rupestris*, *Clausilia dubia* und *bosniensis* (die letzten drei Arten stammen aus Österreich, ABD-EL-HAMID 1958). Die Größe der Linsenzellen liegt bei allen untersuchten Schneckenarten zwischen 33—82 Mikron^3. Ich vermute, daß die Anzahl der Linsenzellen in einer bestimmten Relation zum Volumen des Tieres steht, wobei sich folgendes ergibt: Je kleiner die Schnecke, desto kleiner ihre Linse. Die Tatsache, daß die Stenogyra-Individuen, die sowohl in Ägypten als auch in Sizilien gesammelt wurden, dieselbe Anzahl von Linsenzellen aufwiesen, unterstützt die Aussage, daß jeder Art eine konstante Anzahl von Linsenzellen zukommt.

Das relative Wachstum, dessen Berechnung in der Arbeit des Verfassers vom Jahre 1958 enthalten ist, für das Auge und die Statocyste wird für die hier untersuchten Schneckenarten in der Tabelle 6 angegeben. Von Interesse ist, daß das relative Wachstum bei Stenogyra für Individuen beider Fundorte nahezu dasselbe war (vgl. Tabelle 6 mit S. 11 in ABD-EL-HAMID 1959). Das Gesagte sowie eine Betrachtung der Angaben auf den Tabellen 1—6 bekräftigen die vom Verfasser (1959) angegebene Beziehung: ,,Das Augenvolumen multipliziert mit dem Statocystenvolumen, dividiert durch das Körpervolumen des Tieres ist bei ein und derselben Schneckenart im Laufe der ganzen postembryonalen Entwicklungszeit konstant.'' Somit leistet das relative Wachstum beider Sinnesorgane deutlich dieser Regel Folge und beträgt z. B. bei Eremina für das Auge $1{,}26 \times 10^{-6}$ und für die Statocyste $0{,}71 \times 10^{-6}$, während es bei Macularia für das Auge auf $5{,}21 \times 10^{-6}$ und für die Statocyste auf $0{,}023 \times 10^{-6}$ absinkt.

Tabelle 6

Spezies	Relatives Wachstum des Auges in mm^3	Relatives Wachstum der Statocyste in mm^3	Konstanten
Eremina hasselquisti	$1{,}26 \cdot 10^{-6}$	$0{,}71 \cdot 10^{-6}$	$0{,}41 \cdot 10^{-12}$
Euparypha pisana	$1{,}60 \cdot 10^{-6}$	$0{,}11 \cdot 10^{-6}$	$0{,}64 \cdot 10^{-12}$
Macularia vermiculata	$5{,}21 \cdot 10^{-6}$	$0{,}023 \cdot 10^{-6}$	$1{,}37 \cdot 10^{-12}$
Gvnostoma lenticula	$1{,}49 \cdot 10^{-6}$	$0{,}76 \cdot 10^{-6}$	$1{,}20 \cdot 10^{-12}$
Stenogyra decollata	$2{,}77 \cdot 10^{-6}$	$0{,}70 \cdot 10^{-6}$	$0{,}34 \cdot 10^{-12}$


Fig. 2
Volumen des Auges oder der Statocyste in μ^3 1mm = 0,0001 μ^3
40
35
30
25
20
15
10
5
0
GONOSTOMA LENTICULA
MACULARIA VERMICULATA
EUPARYPHA PISANA
STENOGYRA DECOLLATA (ÄGYPT.)
EREMINA HASSELQUISTI
Auge
Statocyste
KORRELATIONEN ZWISCHEN AUGEN U. STATOCYSTEN
(FÜNF VERSCHIEDENE ERWACHSENE SCHNECKEN)
Volumen des Tieres in mm^3 1mm = 10 mm^3
5
10
15
20
25

Bei Anwendung obiger Gleichung ergibt sich für jede der 5 Arten eine Konstante, die in Tabelle 6 eingetragen ist. Dabei muß ich einschränken, daß die Angaben von jungen Entwicklungsstadien hier nicht genau der Gleichung folgen, vielleicht deshalb, weil sie von diesen beiden Sinnesorganen zu Beginn ihres Lebens noch wenig Gebrauch machen, ökologisch heißt das, daß die Jungtiere noch wenig aktiv sind. Bei erwachsenen Tieren stimmt die Gleichung genau!

Beim Vergleich mit Fig. 2 kann man erkennen, daß bei *Gonostoma lenticula*, einer Schnecke, die im Laufe ihrer Entwicklung wenig an Größe zunimmt und in einem begrenzten ökologischen Bereich lebt, die Wachstumskurven für beide Sinnesorgane parallel zueinander verlaufen, während sie bei anderen Schnecken, die im Laufe ihres Lebens beträchtlich an Größe zunehmen und einen weiten ökologischen Raum einnehmen (z. B. Macularia), in entgegengesetzter Richtung verlaufen. Das bedeutet, wenn ein großes Wachstum eines der Sinnesorgane konform geht mit dem Wachstum des Körpervolumens, so ist dem anderen Sinnesorgan kein großes Wachstum eigen, so wie das besonders deutlich *Stenogyra decollata* zeigt.

Literaturverzeichnis

ABD-EL-HAMID, M. E.: Über Beziehungen des Baues des Nervensystems und der Sinnesorgane zur Lebensweise einiger Landpulmonaten. Diss. Univ. Wien 1958.

— Nervensystem und Sinnesorgane in ihren Beziehungen zur Lebensweise der Landpolmonaten. Anz. d. math.-naturw. Kl. d. Öst. Akad. Wiss. Jahrg. 1959, Nr. 4. S. 46—58.

BÄCKER, R.: Die Augen einiger Gastropoden. Arb. Zool. Inst. Wien 14, 1908.

— Zur Kenntnis des Gastropodenauges. Zool. Anz. XXV. 1902.

BUDDENBROCK, W. v.: Über die Funktion der Statocysten im Sande grabender Meerestiere. Mitt. Biol. Zbl. 32, 1912 u. 1913.

— Die Statocyste von Pecten, ihre Histologie und Physiologie. Zool. Jahrb. Jena 35, 1915.

— Über unsere Kenntnis von der Funktion der Statocysten der Schnecken, mit besonderer Berücksichtigung der kompensatorischen Augenbewegungen. Biol. Zbl. 55, 1935.

CARRIERE, J.: On the eyes of some Invertebrata. Quart. J. microsc. Sci. Vol. XXIV. London 1884.

— Die Sehorgane der Thiere, 1885.

— Kurze Mittheilungen aus fortgesetzten Untersuchungen über die Sehorgane. Zool. Anz. Leipzig 1886.

EISENMANN, H.: Untersuchungen Gastropodenauge. Zool. Anz. 51, 1920.

FRAISSE, P.: Über Molluskenaugen mit embryonalem Typus. Zeit. f. wiss. Zool., Bd. 35, 1881.

FREY, H.: Über die Entwicklung der Gehörwerkzeuge der Mollusken. Arch. f. Naturg. 11. Jahrg. Bd. I. Berlin 1845.

HENSCHMANN, A.: The eyes of Limax maximus. Science (N. Y.) (2), 5, 1897.

HENSEN: Über den Bau des Schneckenauges und die Entwicklung der Augenteile in der Tierreihe. Arch. mikrosk. Anat. 7, 1886.

HESSE, R.: Über die Retina des Gastropodenauges. Verhandlungen der Deutschen Zool. Gesellschaft, 12, Vers. 1902.

HILGER, C.: Beiträge zur Kenntnis des Gastropodenauges. Morphol. Jahrb. Bd. 10, 1885.

IHERING, H. v.: Die Gehörwerkzeuge der Mollusken. Erlangen 1876.

KÖLLIKER, J.: Über das Gehörorgan der Mollusken. Fror. neue Not. Bd. 25, 1843.

KÜHN, A.: Die Orientierung der Tiere im Raum. Jena 1919.

LEYDIG, F.: Über das Gehörorgan der Gastropoden. Arch. f. mikr. Anat. Bd. VII, 1871.

PFEIL, E.: Die Statocyste von Helix pomatia. Z. Zool. 119, 1922.

SCHMIDT, W.: Untersuchungen über die Statocyste unserer einheimischen Schnecken. Jena, Z. Naturwiss. 48, 1912.

TSCHACHOTIN, S.: Die Statocyste der Heteropoden. Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 90, 1908.